

TERMOLOGIA

Professor Antonio Marcos

Termometria



- **Conceitos básicos:**
- **Temperatura** – É a medida do grau de agitação das partículas de um corpo.
- **Energia térmica** – É a energia cinética das partículas que constituem o corpo, nos gases é chamada de energia interna.
- **Calor** – É a energia térmica em trânsito entre dois ou mais corpos de diferentes temperaturas.



Equilíbrio térmico

O Calor flui naturalmente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura

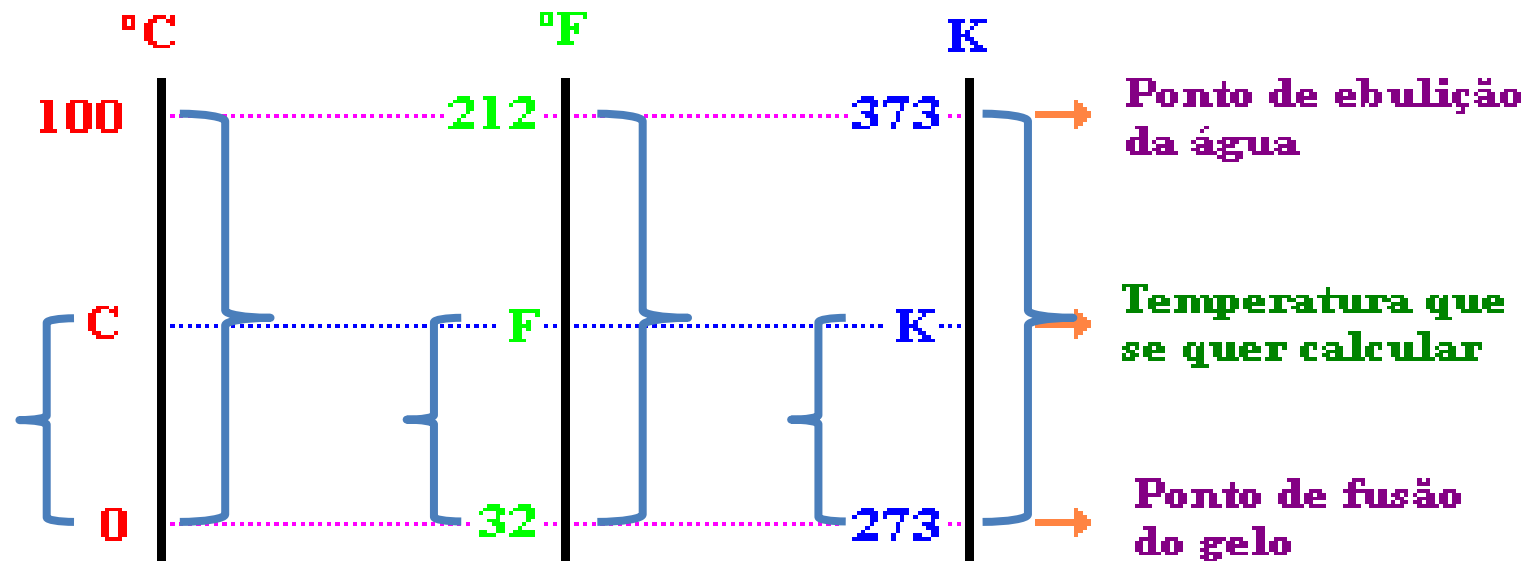


Após as trocas de calor os corpos tendem a estabelecer as mesmas temperaturas.



Note que a temperatura de equilíbrio não deve ser necessariamente a média das temperaturas iniciais.

Escalas termométricas



$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{T_K - 273}{373 - 273}$$

$$\frac{T_C - 0}{100} = \frac{T_F - 32}{180} = \frac{T_K - 273}{100}$$

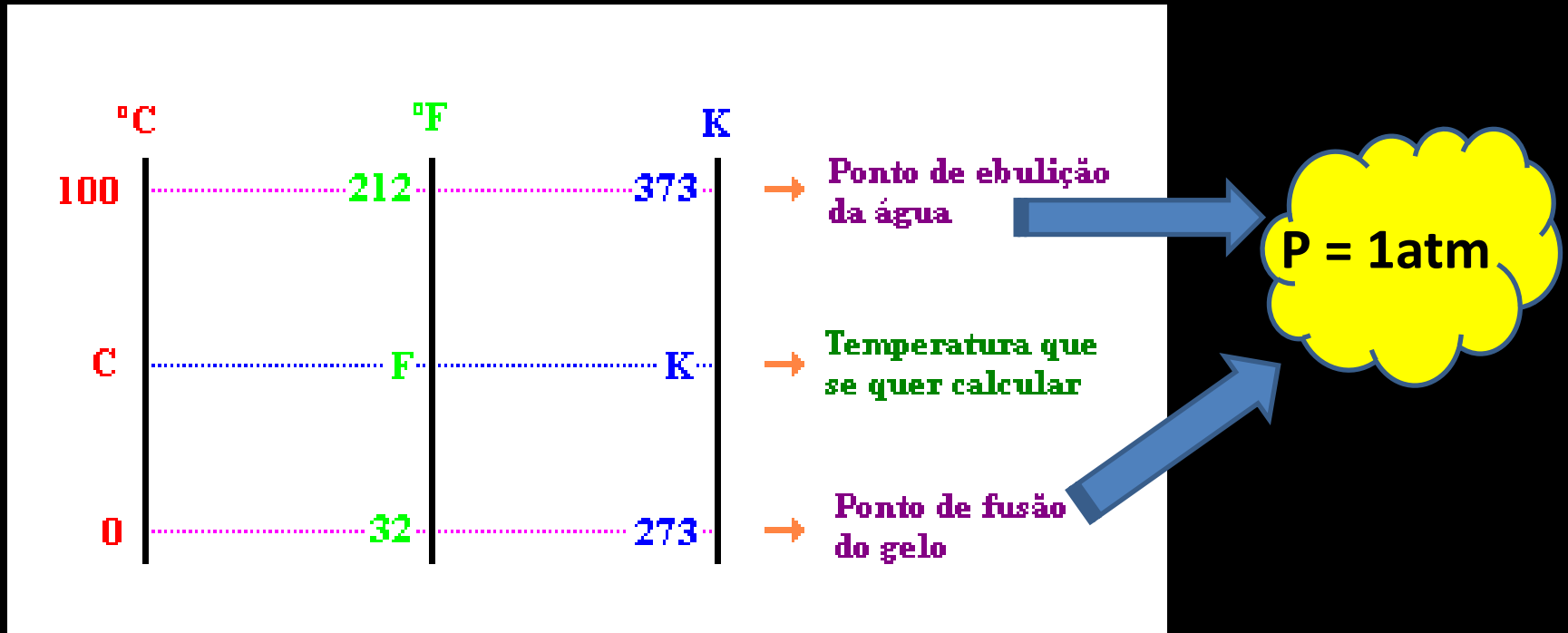
$$\frac{T_C - 0}{\cancel{100}} = \frac{T_F - 32}{\cancel{180}} = \frac{T_K - 273}{\cancel{100}}$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

$$\frac{\Delta T_C}{5} = \frac{\Delta T_F}{9} = \frac{\Delta T_K}{5}$$

$$\Delta T_C = \Delta T_K$$

Escalas termométricas



Equação de conversão das temperaturas

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

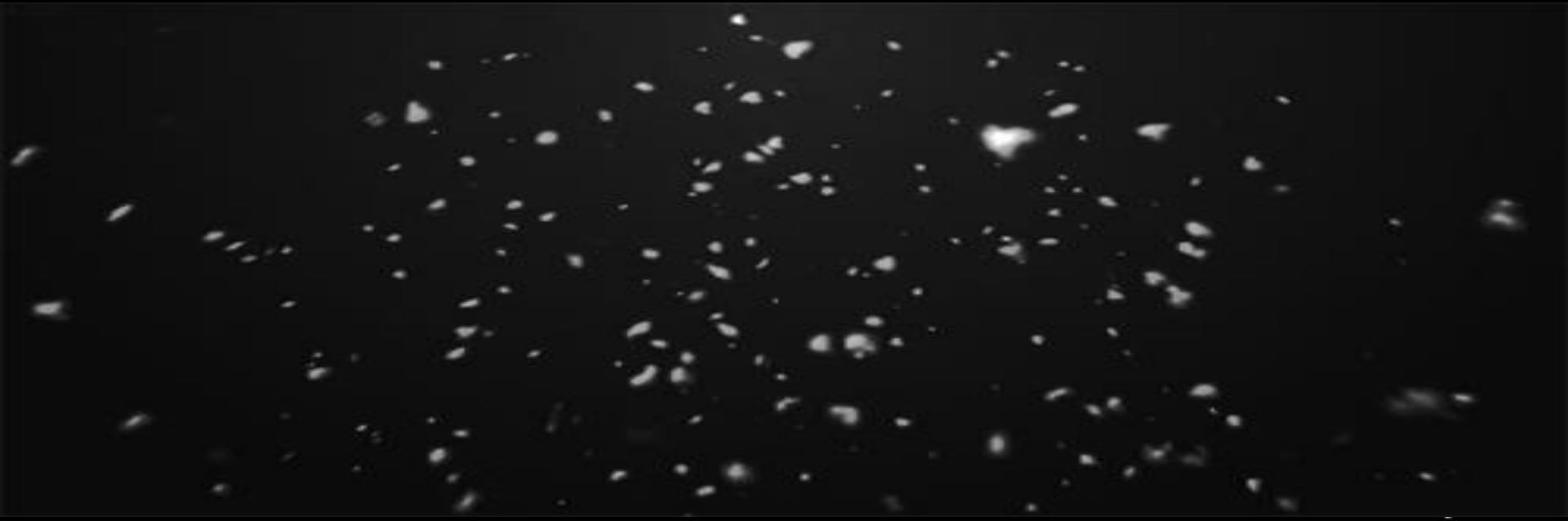
Relação entre as variações de temperatura

$$\frac{\Delta T_C}{5} = \frac{\Delta T_F}{9} = \frac{\Delta T_K}{5}$$

ZERO ABSOLUTO

É a menor temperatura possível a ser atingida em um sistema físico.

$$0K = -273^{\circ}C$$



QUESTÃO 01

1. “Io, uma das quatro maiores luas de Júpiter, abriga os ambientes mais quentes do sistema solar. Os 100 vulcões de Io expelem uma lava que chega a 2912°F e transforma metais em vapor”.

Galileu nº 157, adaptado

A temperatura mencionada no texto corresponde a

- a) 323°C
- b) 576°C
- c) 762°C
- ☒ d) 1600°C
- e) 1616°C

QUESTÃO 02

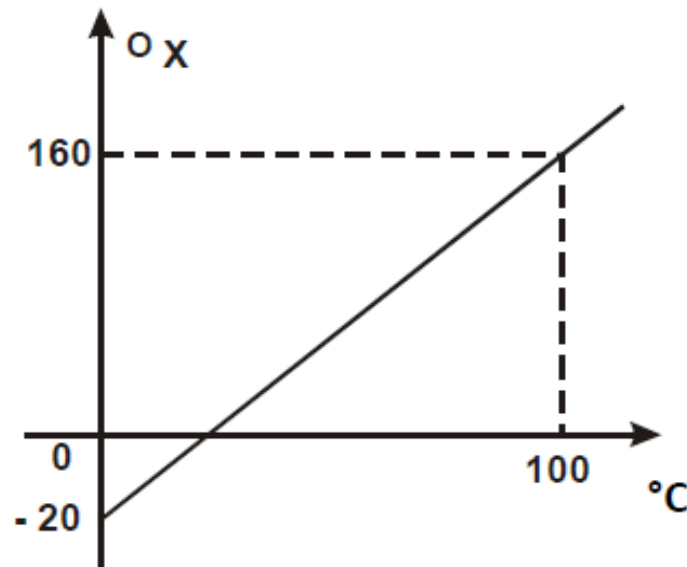


2. Num laboratório de termometria, um técnico calibrou um termômetro de mercúrio de modo que a medida da altura da coluna, sob pressão normal, era de 5cm, quando em equilíbrio com gelo fundente em água, é de 25cm, quando em contato com água em ebulição. Determine, em centímetros, a altura da coluna do termômetro, num ambiente a 25°C .

- ☒ a) 10cm
- b) 12cm
- c) 15cm
- d) 20cm
- e) 25cm

QUESTÃO 03

3. O gráfico a seguir representa a relação entre as escalas termométricas Celsius e X.



Determine a temperatura em que os valores lidos em $^{\circ}\text{C}$ e $^{\circ}\text{X}$ serão iguais.

- a) 15
- b) 20
- ☒ c) 25
- d) 35
- e) 40

Dilatação Térmica:

Variação da dimensão de um corpo quando sua temperatura varia.

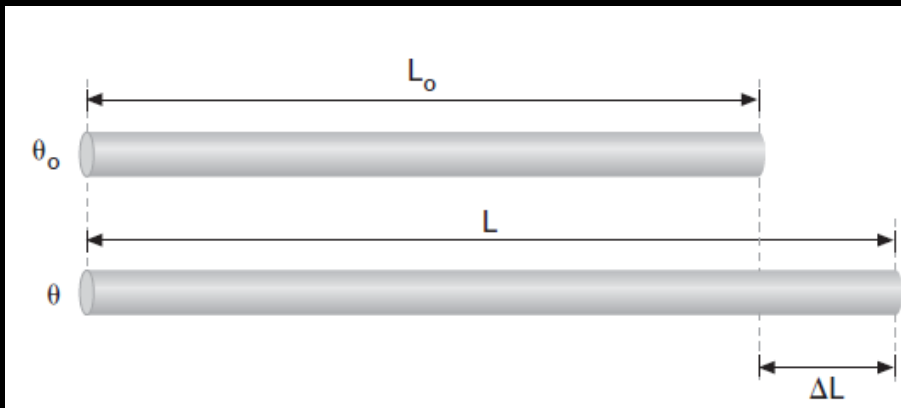
Entre elas temos:

- Dilatação Linear
- Dilatação Superficial
- Dilatação Volumétrica



Dilatação Linear (ΔL)

- É uma variação no **Comprimento (L)** dos corpos.



$$\Delta L = L - L_o$$

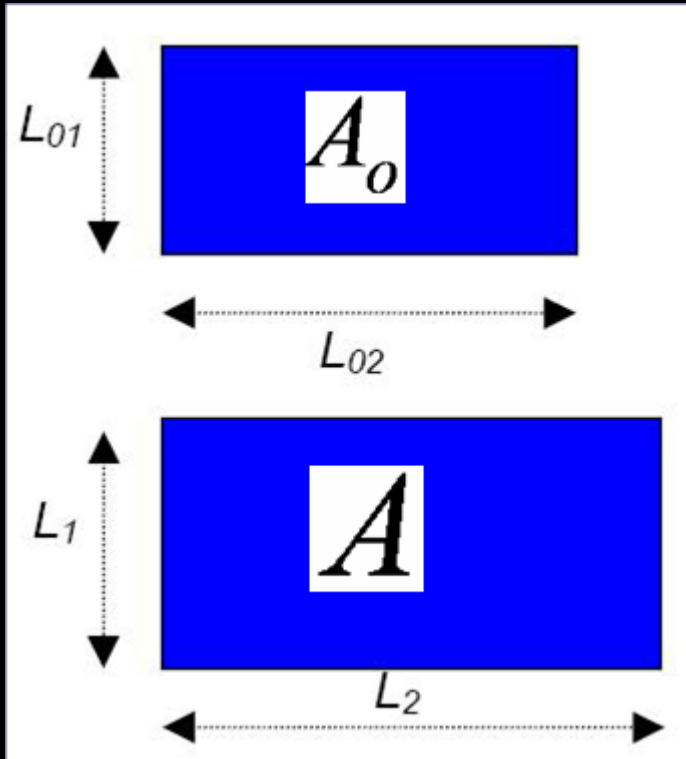
$$\Delta L = L_o \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$L = L_o \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \theta)$$

- ΔL ; $L_o \rightarrow m$
- $\alpha \rightarrow ^\circ C^{-1}$
- $\Delta \theta \rightarrow ^\circ C$

Dilatação Superficial

- É uma variação na **Área(A)** dos corpos.



$$\Delta A = A - A_0$$

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta$$

$$A = A_0 \cdot (1 + \beta \Delta \theta)$$

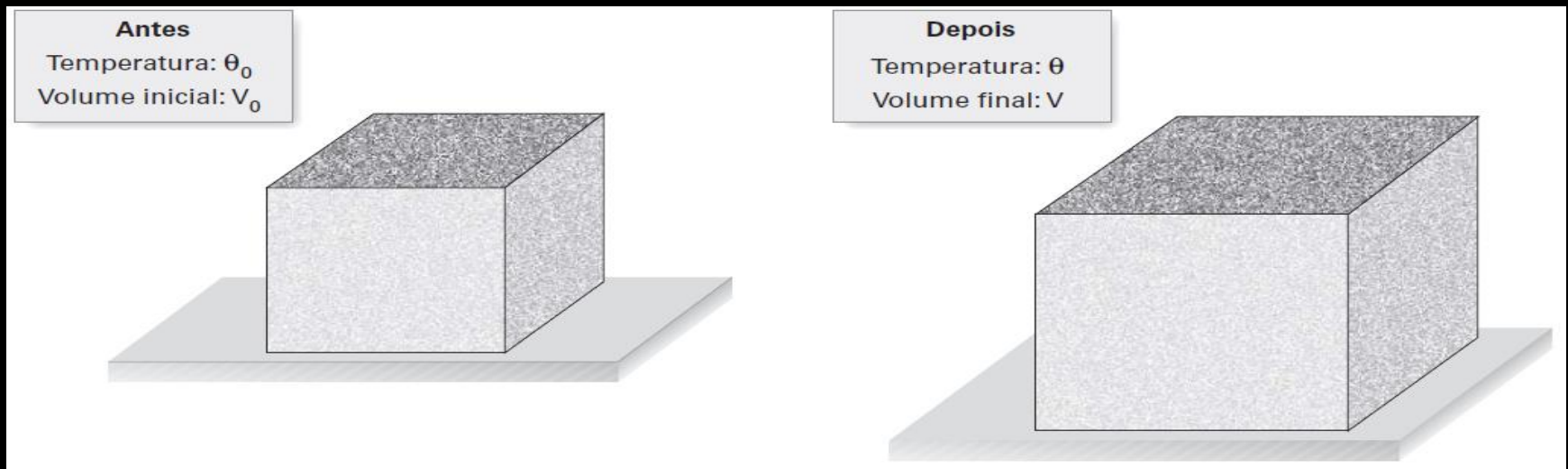
$$\Delta A; A_0 \rightarrow \text{m}^2$$

$$\beta \rightarrow ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta \theta \rightarrow ^\circ\text{C}$$

Dilatação Volumétrica

- É uma variação no **Volume(V)** dos corpos.



$$\Delta V = V - V_0$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta \theta$$

$$V = V_0(1 + \gamma \cdot \Delta \theta)$$

$$\Delta V; V_0 \rightarrow \text{m}^3$$

$$\gamma \rightarrow ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta \theta \rightarrow ^\circ\text{C}$$

Relação entre Coeficientes de dilatação

A relação é válida apenas para corpos **Isótropos**:

$$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$$

Daí decorre que :

$\beta=2\alpha$ e que $\gamma = 3\alpha$

FIQUE ATENTO!

Os espaços entre trilhos de trem e tiras de madeira colocadas em calçadas servem para compensar os efeitos de dilatação.

Ao aquecer uma chapa metálica que possui um orifício, ambos se dilatam na mesma proporção.

Seja um corpo oco ou maciço, ao sofrer aquecimento, a dilatação ocorre na mesma proporção.

QUESTÃO STRIX

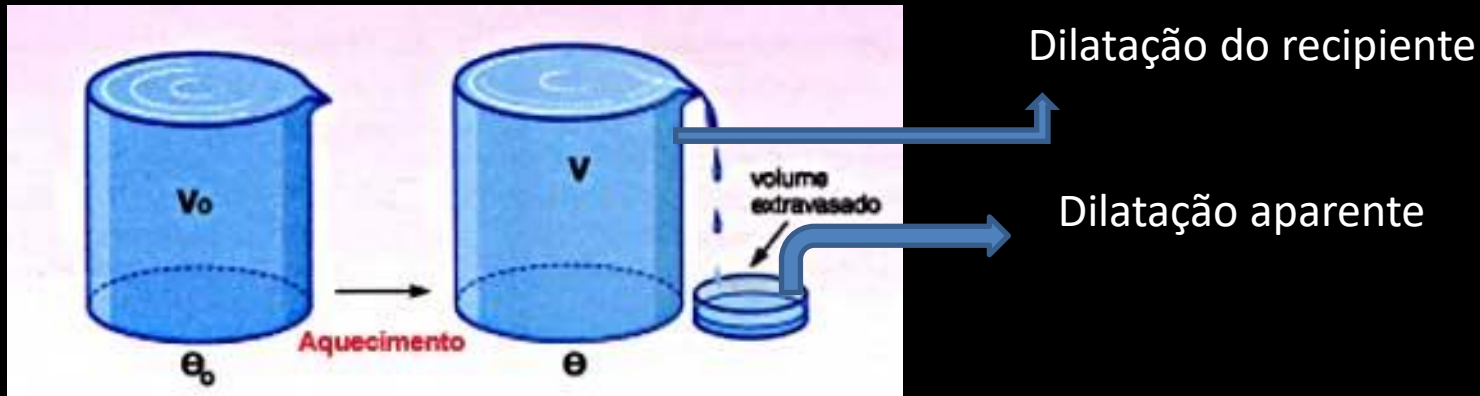
20. Grande parte dos fenômenos que ocorrem no dia-a-dia está relacionada ao comportamento térmico dos corpos. Para que se possa conviver sem maiores consequências com os efeitos desses fenômenos, o homem utiliza-se de técnicas adequadas. Sobre os efeitos das variações de temperatura sobre os corpos, pode-se afirmar:

- I. Nos calçamentos das ruas, as placas de cimento são separadas por tiras de madeira para compensar os efeitos da dilatação.
- II. Um disco metálico de 100cm^2 de área a 0°C ao ser aquecido a 100°C , tem área de $100,2\text{cm}^2$, o coeficiente de dilatação volumétrica do metal, em $^\circ\text{C}^{-1}$, vale $3 \cdot 10^{-5}$.
- III. Ao aquecer uma esfera metálica maciça de 30°C a 70°C , o seu volume sofre um aumento de $0,60\%$, então o coeficiente de dilatação linear médio do metal, em $^\circ\text{C}^{-1}$ é igual a $15 \cdot 10^{-5}$.
- IV. Os corpos ocos se dilatam mais que os corpos maciços.
- V. Para os corpos isotrópicos, é verdadeira a relação $\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$.

- a) Apenas II e III são verdadeiras.
- b) Apenas III, IV e V são verdadeiras.
- c) Apenas II e IV são falsas.
- d) Apenas IV é falsa.
- ☒ e) Apenas I, II e V são verdadeiras.

Dilatação dos líquidos

- É uma dilatação exclusivamente **volumétrica**



$$\Delta V_{REAL} = \Delta V_{APARENTE} + \Delta V_{RECIPIENTE}$$

$$V_{Real} = V_{aparente} + V_{Recipiente}$$

QUESTÃO UNEB

21. Um recipiente de vidro encontra-se cheio de um líquido a 0°C . Quando o conjunto é aquecido até 80°C , o volume do líquido que transborda corresponde a 4% do volume do líquido que possuía a 0°C . Sabendo que o coeficiente de dilatação volumétrica do vidro é de $17 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, determine, em $10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, o coeficiente de dilatação real do líquido e expresse o resultado com aproximação.

a) 39

b) 44

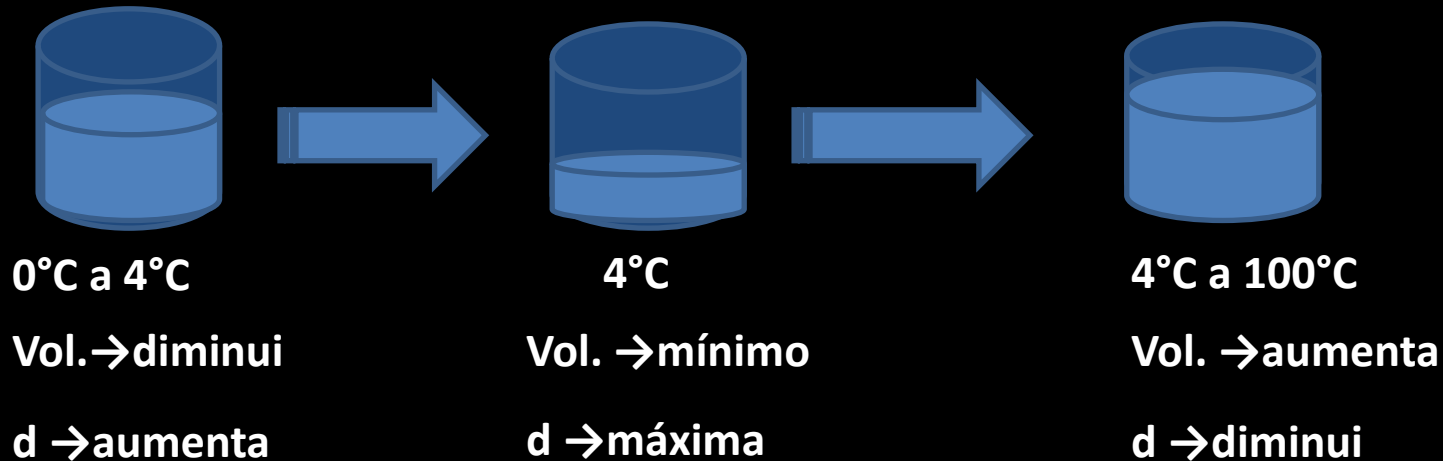
c) 47

☒ 52

e) 61

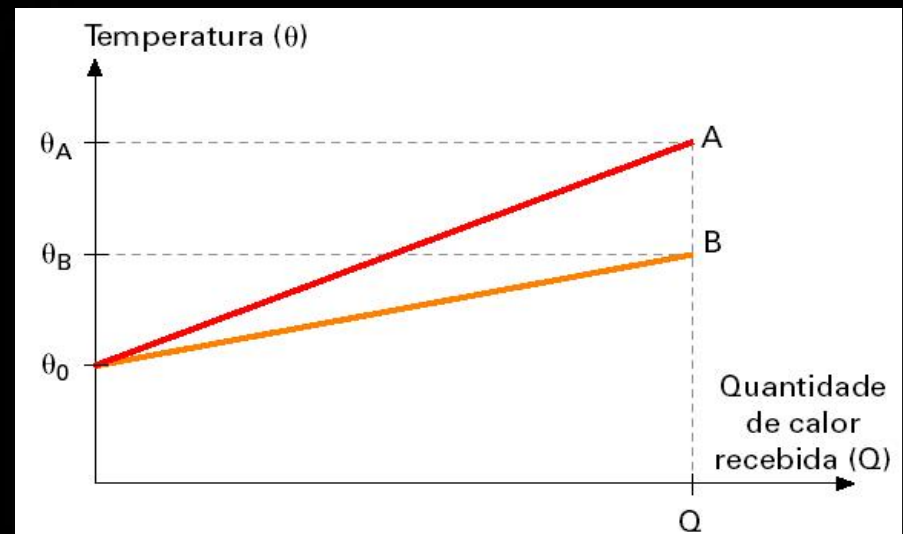
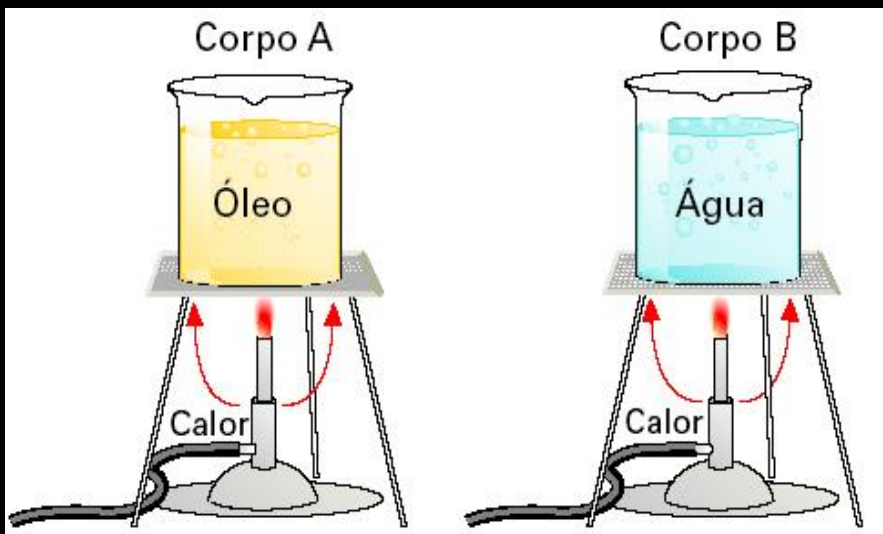
Comportamento anômalo da água

Ao aquecer a água podemos observar que:



Calorimetria

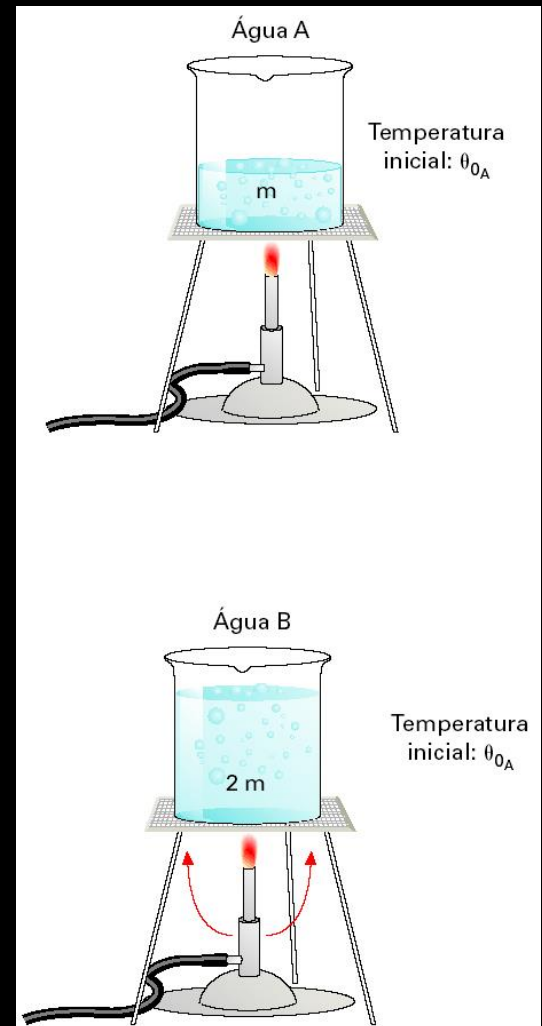
- **Calor Sensível** – Provoca mudança de temperatura no corpo, sem modificar o estado físico.



Calor Sensível

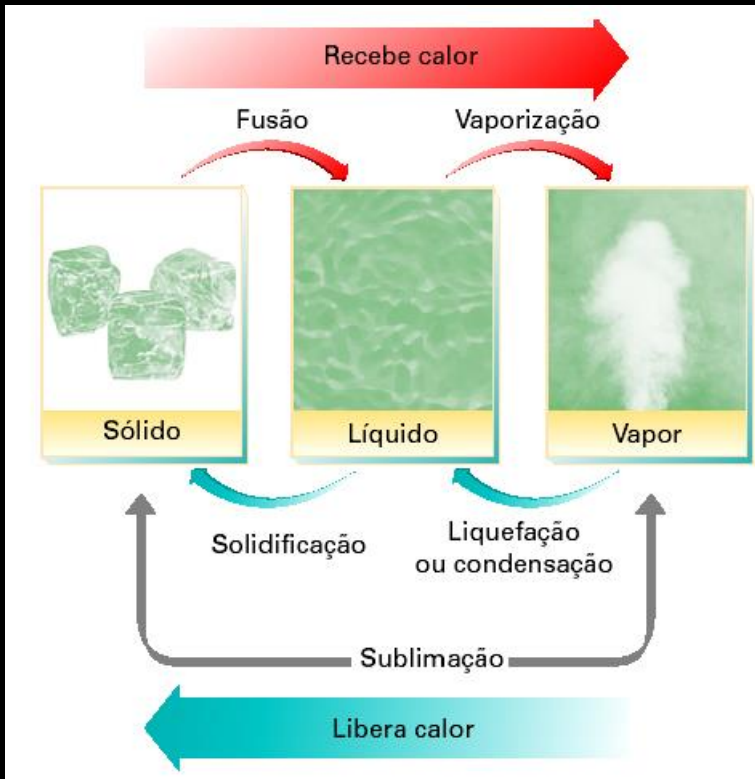
$$Q = m.c.\Delta\theta$$

- $Q \rightarrow$ Quantidade de calor(cal)
- $m \rightarrow$ massa da substância(g)
- $c \rightarrow$ calor específico(cal/g°C)
- $\Delta\theta \rightarrow$ Variação de temperatura(°C)
- $c_{\text{Água}} = 1\text{cal/g}^\circ\text{C}$
- $1\text{cal} \approx 4,18\text{ joules}$



Calor Latente

- Provoca mudança de estado físico sem modificar a temperatura.



$$Q = m.L$$

Quantidade de calor (Q)

Sensível

Latente

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Cal

g

°C

Cal/g°C

$$Q = m \cdot L$$

Cal

g

Cal/g

Quantidade de calor (Q);
Massa da substância (m);
Calor específico da substância (c);
Latência ou calor Latente (L).
Variação de temperatura ($\Delta\theta$).

Capacidade térmica (C)

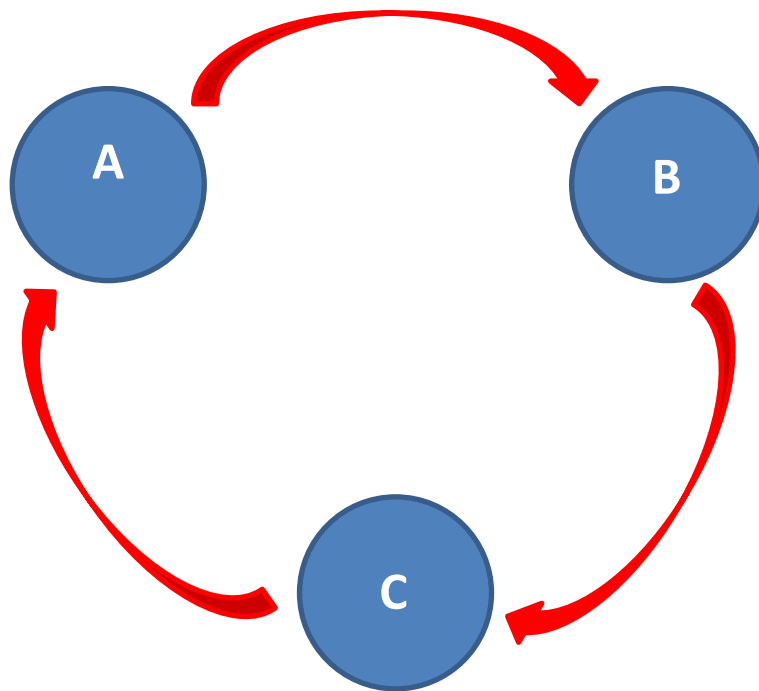
- É a capacidade que um corpo possui de realizar trocas de calor mediante variação de temperatura.

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} \longrightarrow C = m.c$$

- Sistema Diatérmico é aquele que **permite** as trocas de calor entre os corpos que separa. *Tem capacidade térmica*. Ex.: Vidro, plástico, alumínio, acrílico, etc.
- Sistema adiabático é aquele que **impede** as trocas de calor entre os corpos que separa. *A capacidade térmica é desprezível*. EX.: Isopor, Garrafa térmica, etc.

Princípio Fundamental da calorimetria

Em um sistema termicamente isolado(adiabático), a soma algébrica das quantidades de calor é nula.



$$\theta_{0A} \neq \theta_{0B} \neq \theta_{0C}$$

$$\theta_A = \theta_B = \theta_C$$

Equilíbrio térmico

$$Q_A + Q_B + Q_C = 0$$

10. Num calorímetro de capacidade térmica desprezível, colocam-se 100g de um líquido X a 70°C e 50g de um líquido Y a 30°C . Os calores específicos desses líquidos são, respectivamente, $c_x = 0,90\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ e $c_y = 0,60\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$. A temperatura de equilíbrio dessa mistura, em $^{\circ}\text{C}$, é igual a:

a) 40

d) 55

☒ b) 60

e) 54

c) 50

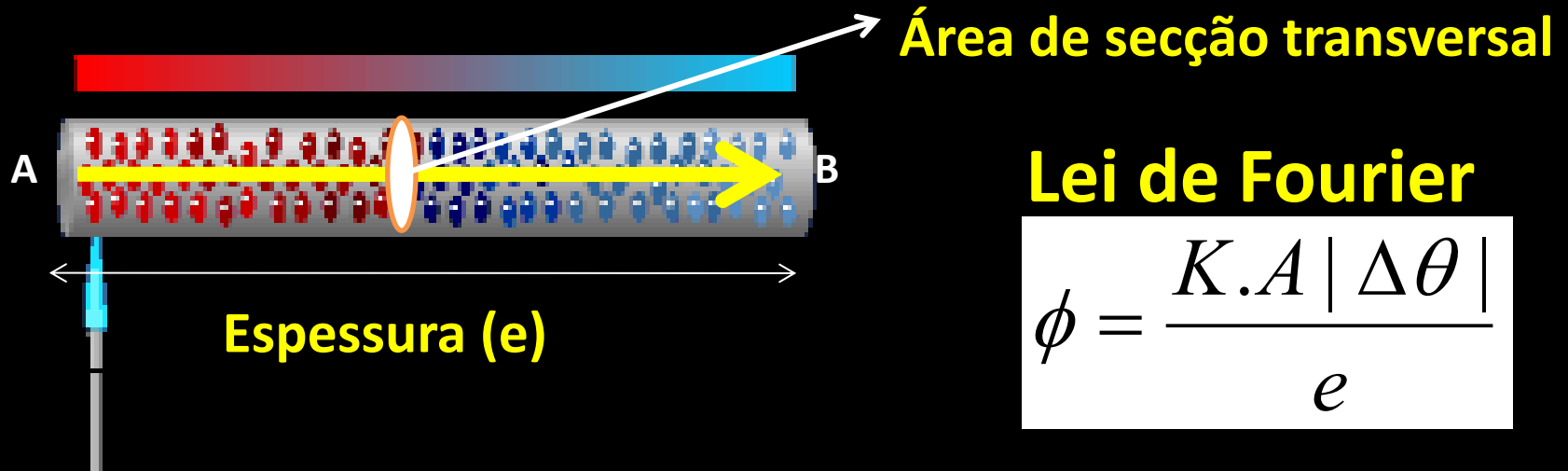
Processos de transmissão de calor

- **Condução** – É a propagação do calor através do meio material sólido, transportando energia, sem, no entanto transportar matéria. Ex.: Condutores metálicos



Fluxo de calor (ϕ)

Ocorre apenas nos processos de condução



Lei de Fourier

$$\phi = \frac{K.A | \Delta \theta |}{e}$$

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

Φ = Fluxo de calor (Cal/s)

Q=Quantidade de calor (Cal)

Δt =Variação de tempo (s)

K= Condutibilidade térmica (cal/s.m°C)

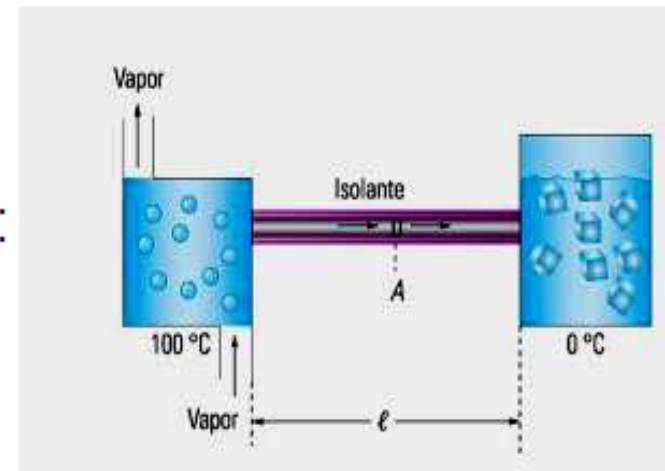
A= Área de secção transversal (m²)

e= espessura (m)

Considere uma barra de prata de coeficiente de condutibilidade térmica igual a $1\text{cal/s.cm.}^{\circ}\text{C}$, situada entre dois recipientes com vapor (a 100°C) e gelo (a 0°C), respectivamente. Sabendo-se que o comprimento da barra é de 20cm e sua área de secção transversal vale 2cm^2 , determinar:

1 O fluxo de calor na barra de prata corresponde a:

- a) 6cal/s
- b) 8cal/s
- ☒ c) 10cal/s
- d) 12cal/s
- e) 15cal/s



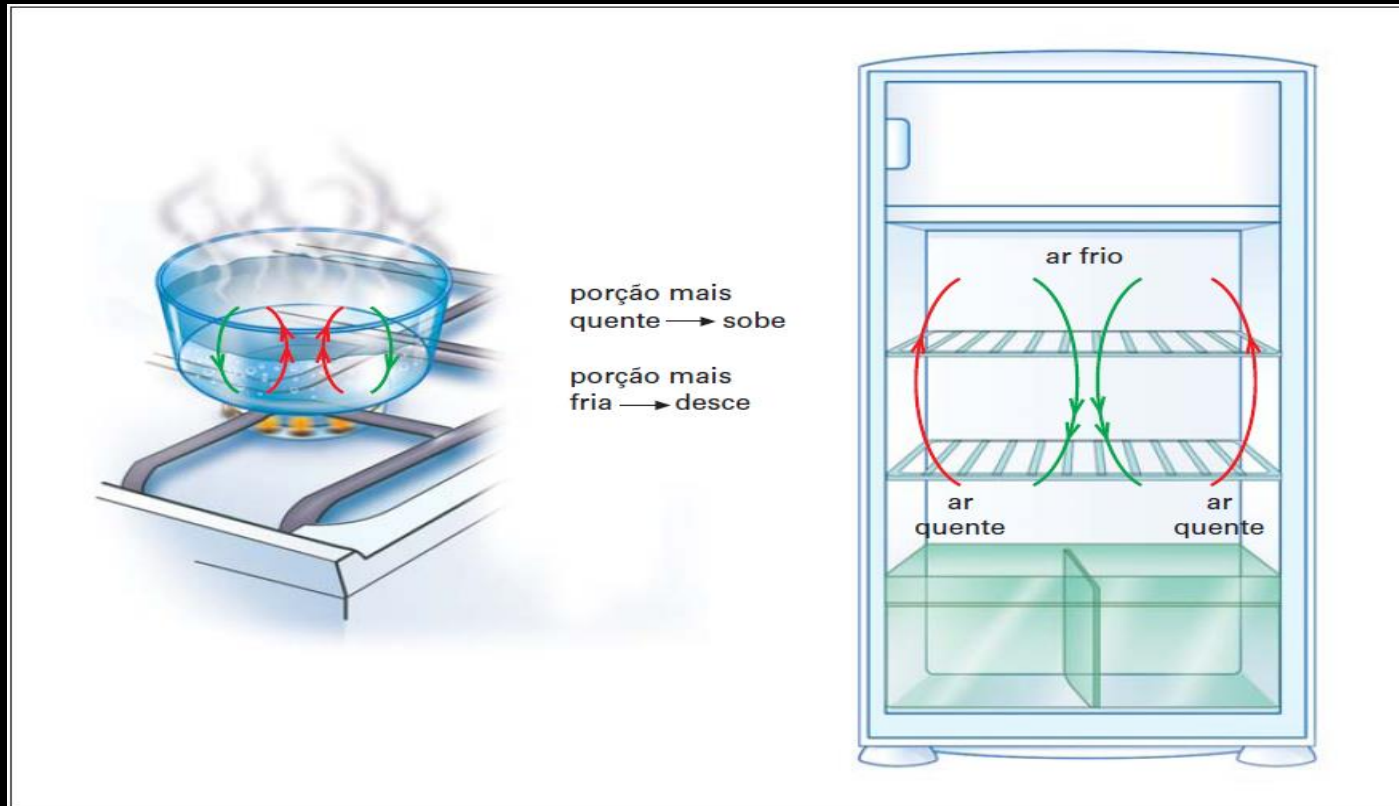
2 A massa de gelo que derreterá em 8 minutos será igual a:

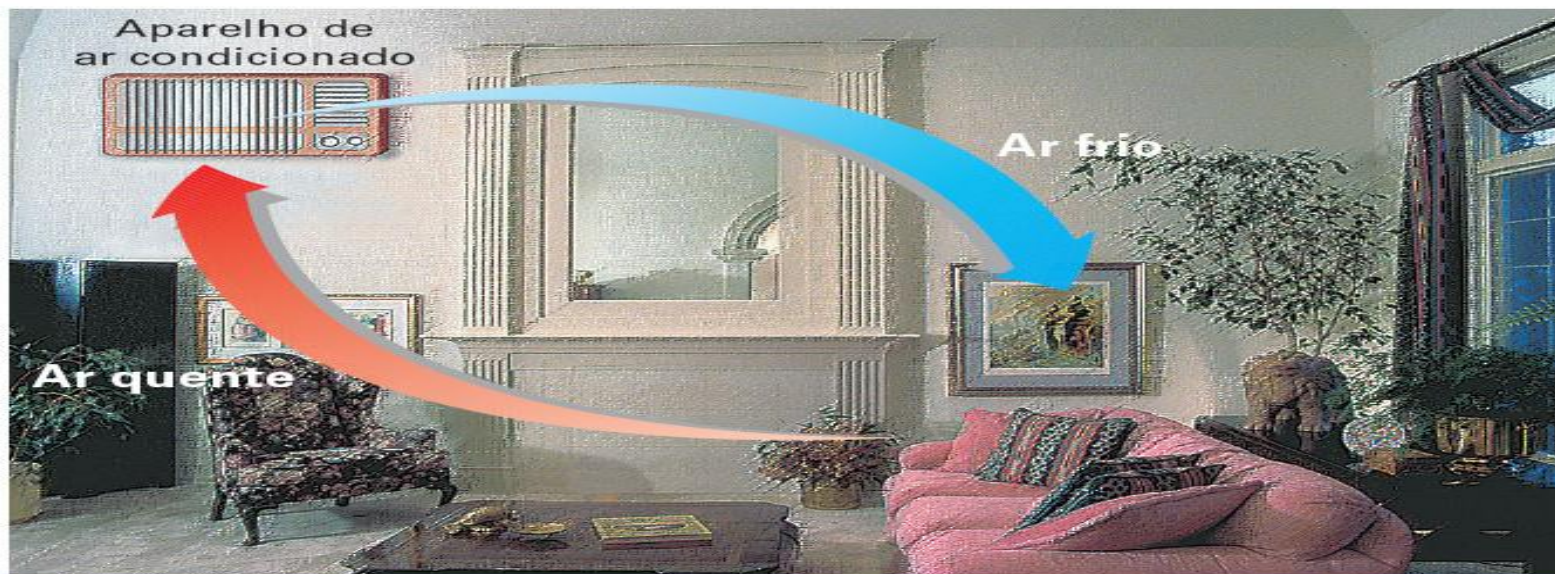
- a) 20g
- b) 30g
- c) 40g
- d) 50g
- ☒ e) 60g

(Dado: $L_{\text{fusão}} = 80\text{cal/g}$)

Convecção Térmica

É a propagação do calor no meio material fluido, transportando energia e matéria. Ex.: Ar refrigerado, chuvas convectivas, brisas marítimas e continentais.





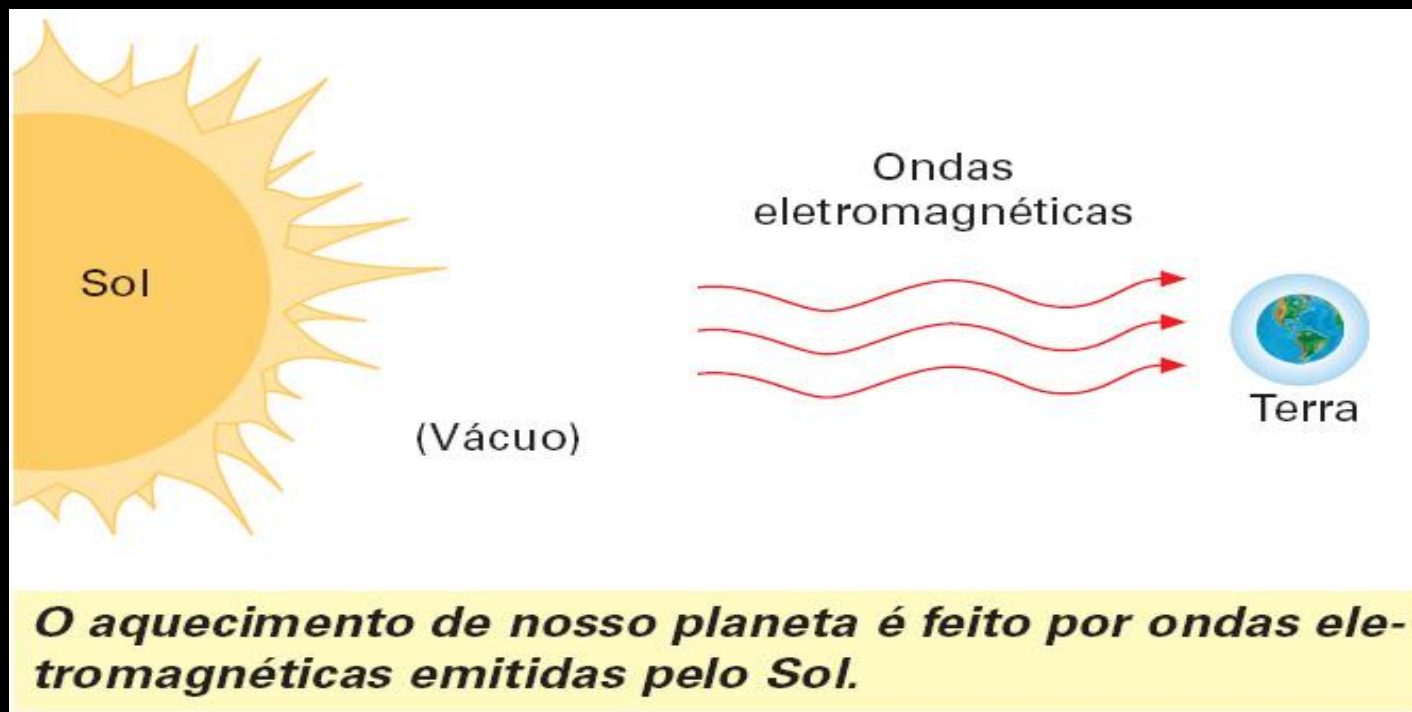
Em um ambiente que necessita ser refrigerado, o aparelho de ar condicionado deve ser instalado na parte mais alta da parede.



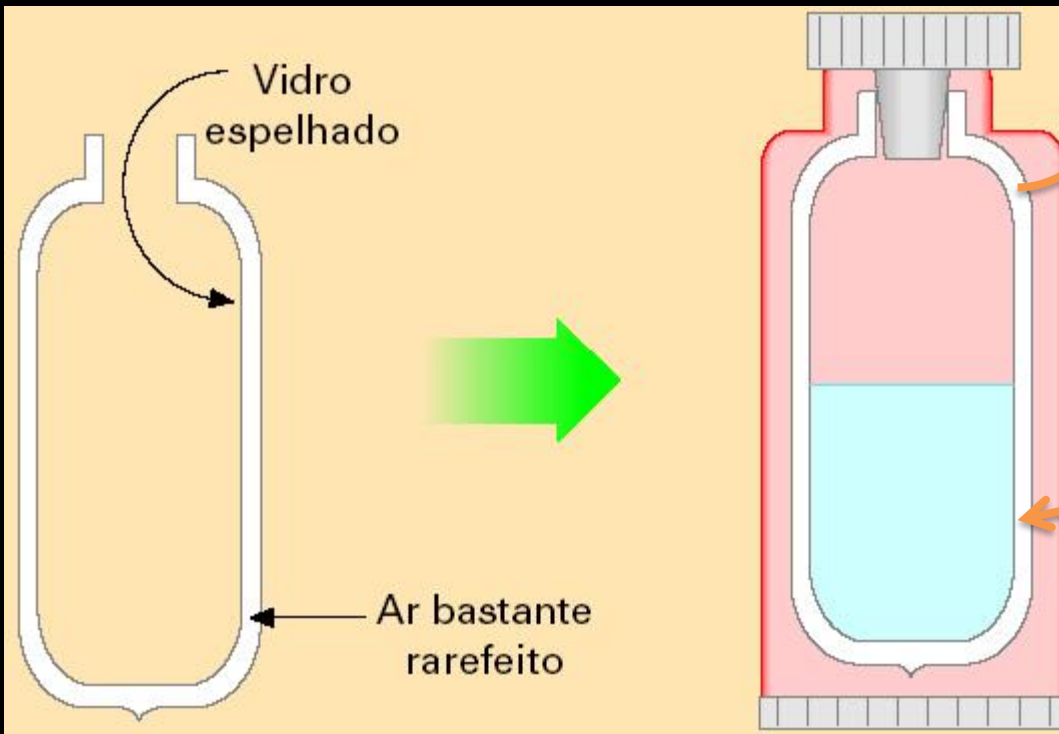
Irradiação Térmica

É a propagação de calor através de ondas eletromagnéticas, independentemente do meio material. É também o único processo que ocorre no vácuo.

Ex.: Luz solar, microondas, *laser*, raios X, ondas de rádio e TV.



Garrafa térmica – Vaso de Dewar



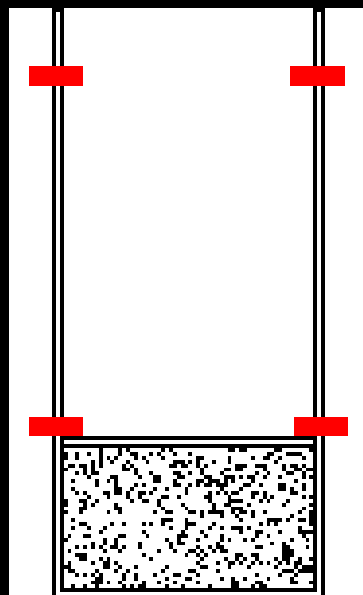
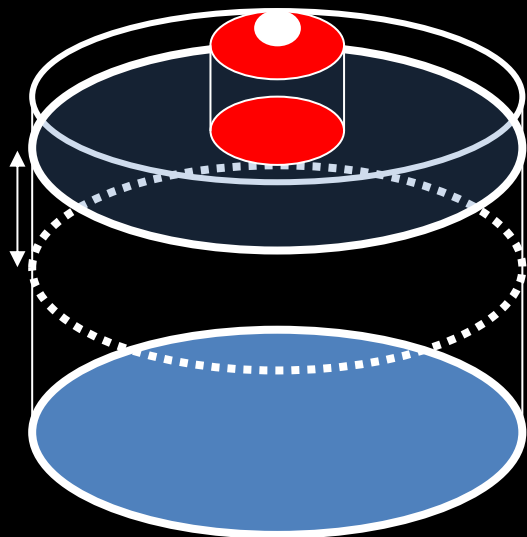
Paredes duplas espelhadas

Minimizam a propagação do calor por irradiação

Vácuo

Minimiza a propagação do calor por condução e convecção

Termodinâmica



$$\tau = P \cdot \Delta V$$

J

N/m²

m³

$\Delta V > 0 \rightarrow \tau > 0 \rightarrow \text{Expansão}$

$\Delta V < 0 \rightarrow \tau < 0 \rightarrow \text{Compressão}$

$\Delta V = 0 \rightarrow \tau = 0 \rightarrow \text{nulo}$

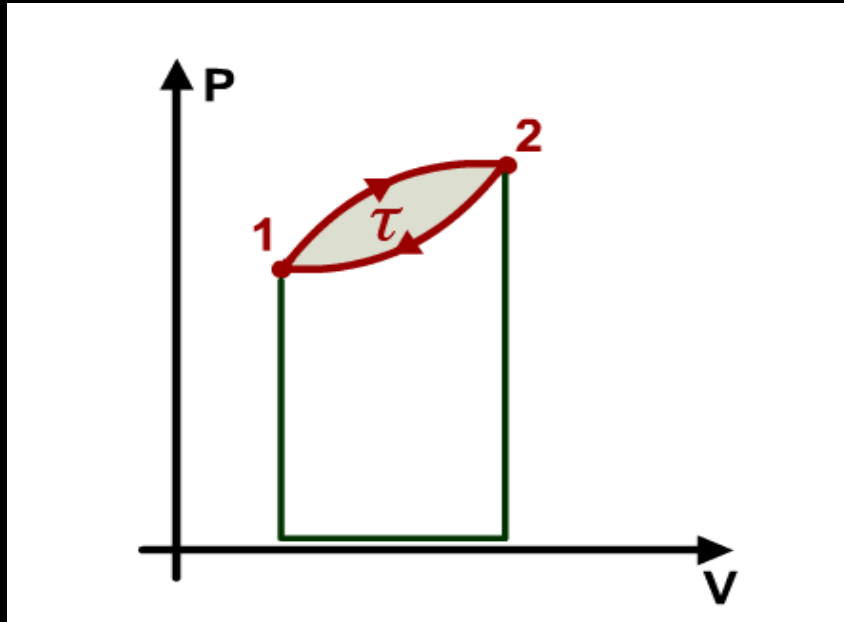
$$P = \frac{F}{\text{Área}}$$

N

m²

Transformações cíclicas

QUANDO A PRESSÃO É VARIÁVEL:



$$\tau_{ciclo} = \pm \textit{Área}_{ciclo}$$

Ciclo Horário $\rightarrow \tau +$

Ciclo Anti-Horário $\rightarrow \tau -$

Transformações gasosas

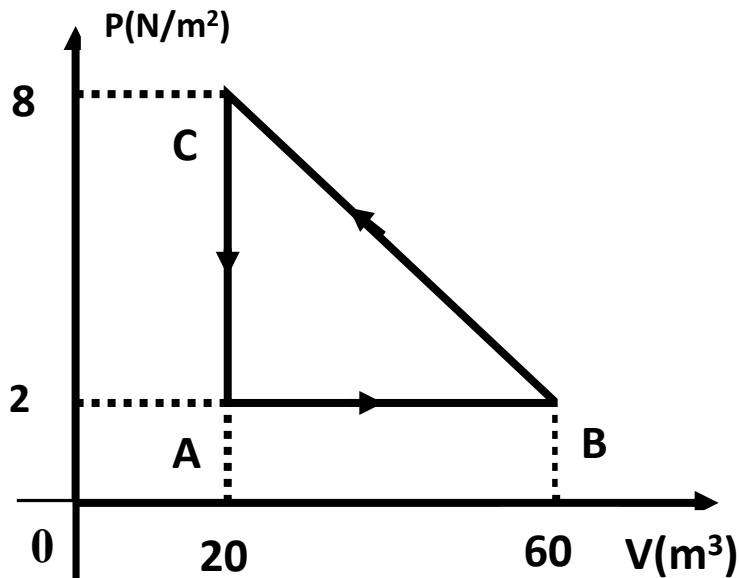
GASES IDEAIS – OBEDECEM ÀS LEIS GERAIS DOS GASES.

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T}$$

$$PV = n \cdot R \cdot T$$

Exercício

O gráfico abaixo mostra as transformações sofridas por um gás ideal. De acordo com as especificações abaixo e seus conhecimentos sobre transformações gasosas, é correto afirmar:



I. O gás sofre uma expansão gasosa no trecho AB, cujo trabalho realizado pelo gás vale 80 joules.

II. No trecho BC, o gás realiza trabalho sobre a vizinhança.

III. No trecho CA, o gás não realiza trabalho.

IV. O trabalho total no ciclo ABCA vale 120 joules.

V. O gás utilizado no ciclo obedece às leis gerais dos gases.

- a) Apenas I, II e III são corretas.
- b) Apenas II, IV e V são corretas.
- ☒ c) Apenas I, III e V são corretas.

- d) Apenas I, III, IV e V são corretas.
- e) Apenas II, III e IV são corretas.

1ª Lei de termodinâmica

“A quantidade de calor(Q) trocada por um gás, corresponde ao trabalho(τ) por ele realizado em função da variação de sua energia interna(ΔU)”.

$$Q = \tau + \Delta U$$

$Q \rightarrow$ Quantidade de Calor

$\tau \rightarrow$ Trabalho

$\Delta U \rightarrow$ Variação da energia interna

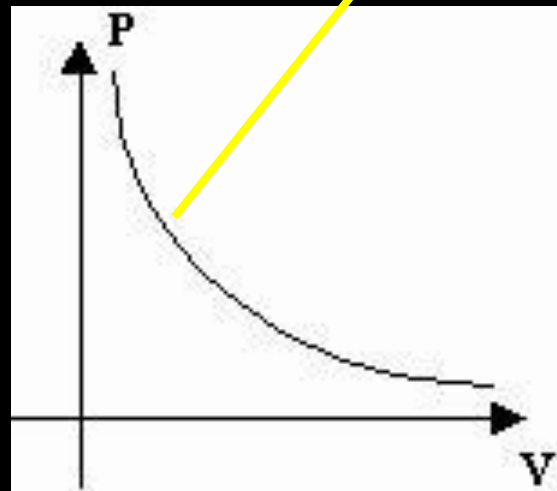
Transformações gasosas

- 1. Isotérmica – **Temperatura constante**
- **Variam: Pressão e volume ($P \propto \frac{1}{V_{ol}}$)**
- **$\Delta\theta = 0 \rightarrow \Delta U = 0$**

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$Q = \tau$$



Isoterma

AFIRMAÇÃO (EBMSP):
(V) Uma bolha de gás refrigerante em movimento ascendente, a uma temperatura constante, tem seu volume aumentado.

Transformações gasosas

- 2. Isobárica – Pressão constante
- Variam: Volume e temperatura (Vol $\propto$ temp)

$$Q = \tau + \Delta U$$

- 3. Isocórica/Isovolumétrica – Volume constante
- Variam: Pressão e temperatura (P $\propto$ temp)

$$Q = \tau + \Delta U$$

$$Q = \cancel{\tau} + \Delta U$$

$$Q = \Delta U$$

Transformações gasosas

- 4. Adiabática – Não há trocas de calor com o meio externo ($Q=0$).

$$Q = \tau + \Delta U$$

~~$$Q = \tau + \Delta U$$~~

$$\tau = -\Delta U$$

AFIRMAÇÃO (EBMSP):

(v) Quando um gás ideal sofre uma compressão gasosa em um sistema adiabático, podemos afirmar que certamente $\tau = \Delta U$.

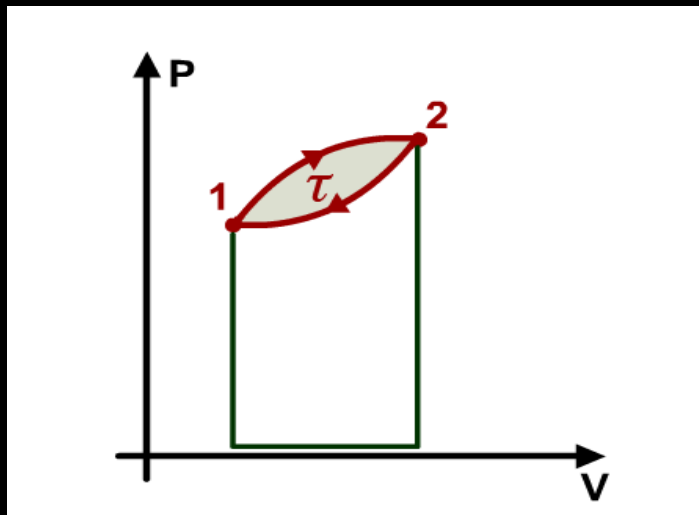
$$Q = \tau + \Delta U$$

~~$$Q = -\tau + \Delta U$$~~

$$\tau = \Delta U$$

Transformações gasosas

IMPORTANTE!



Em todo gráfico cíclico $\Delta U=0$



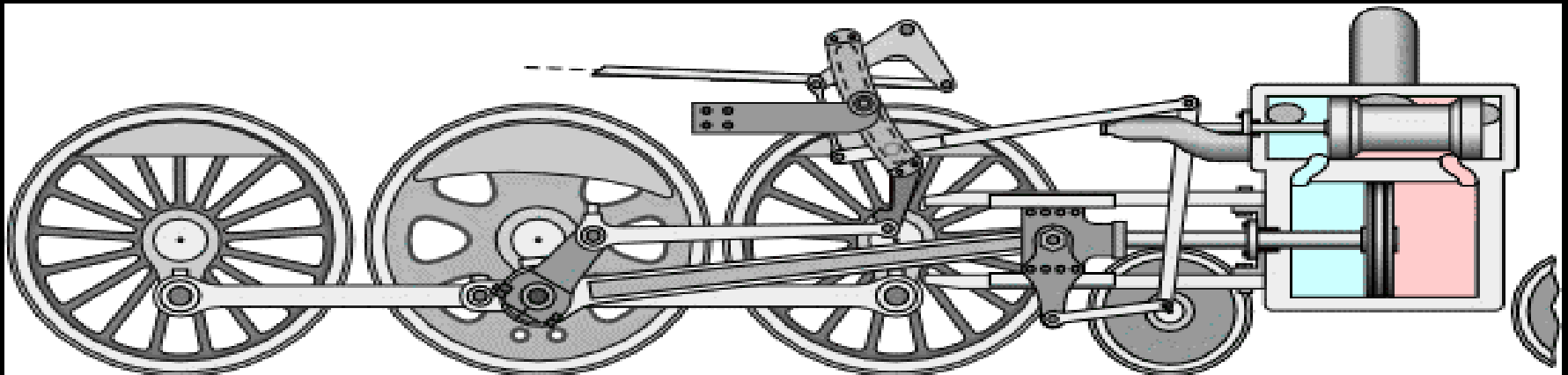
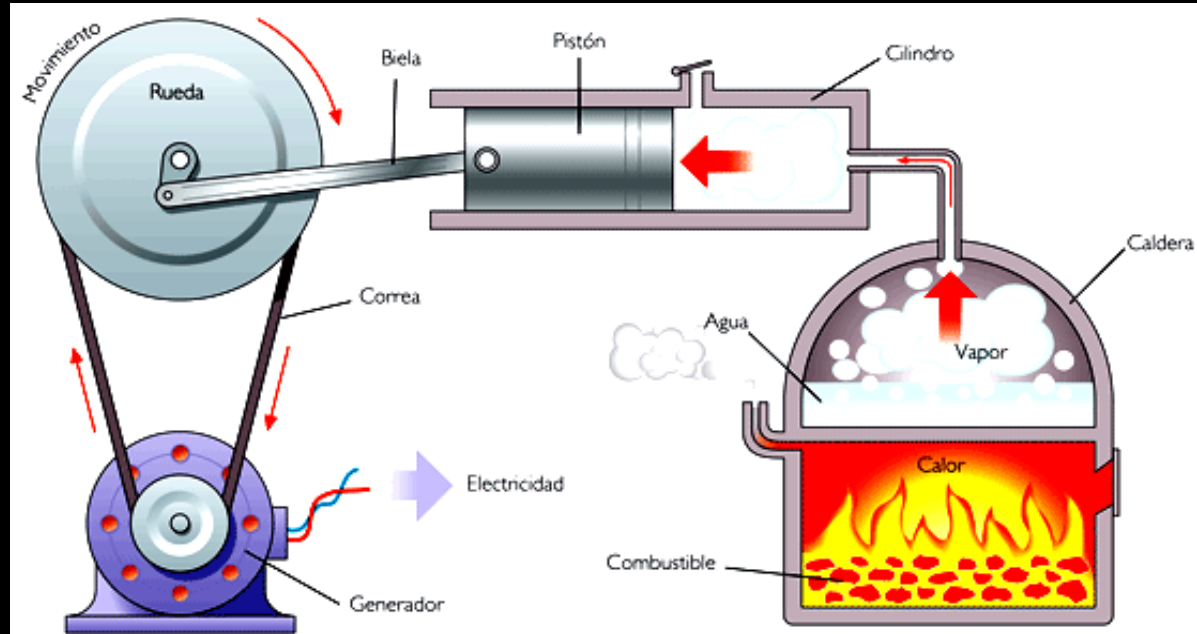
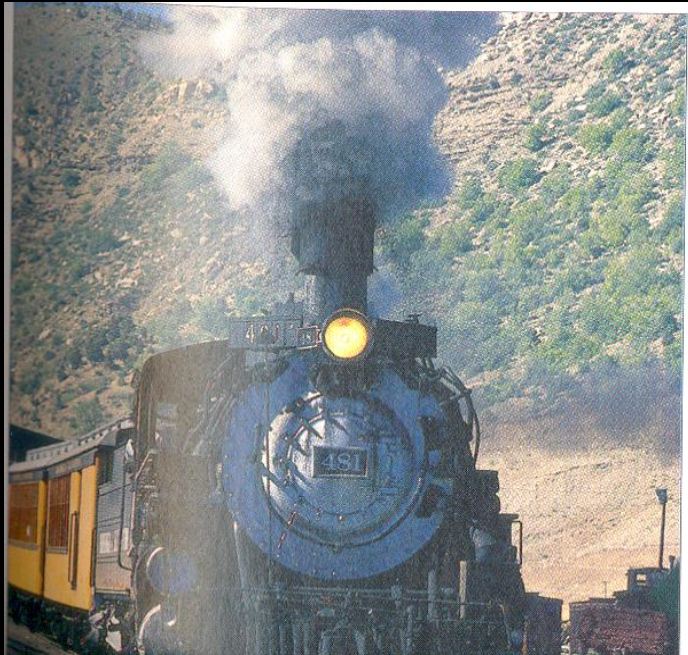
$$Q = \tau + \Delta U$$

$$Q = \tau + \Delta U$$

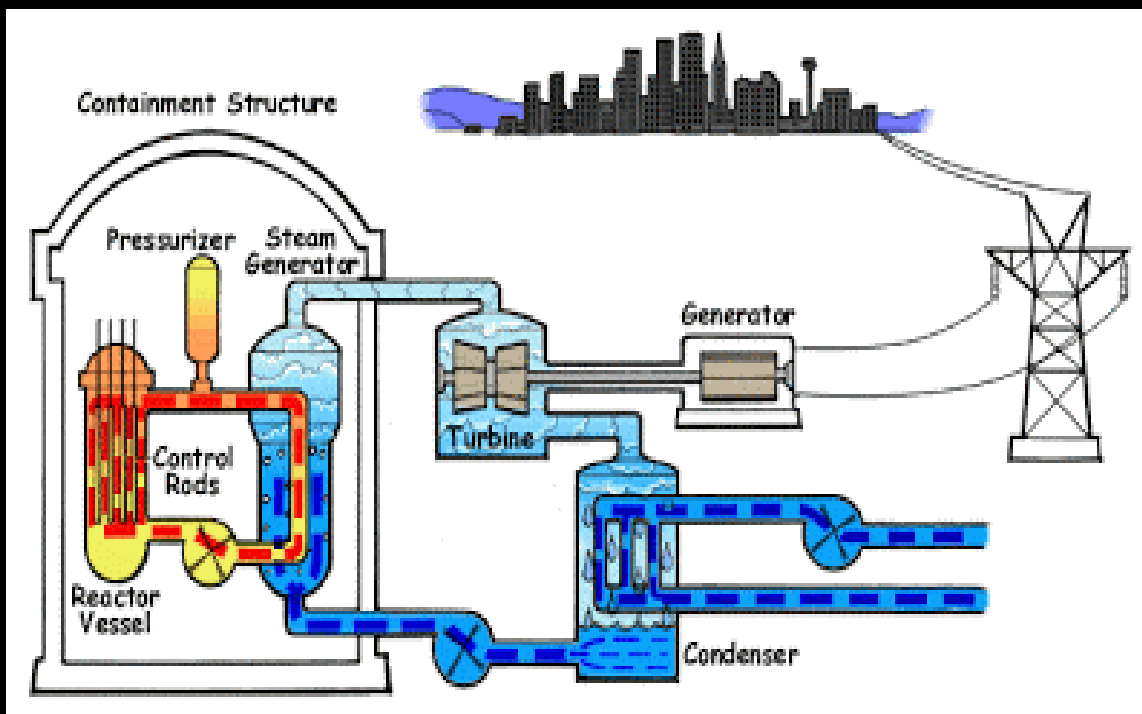
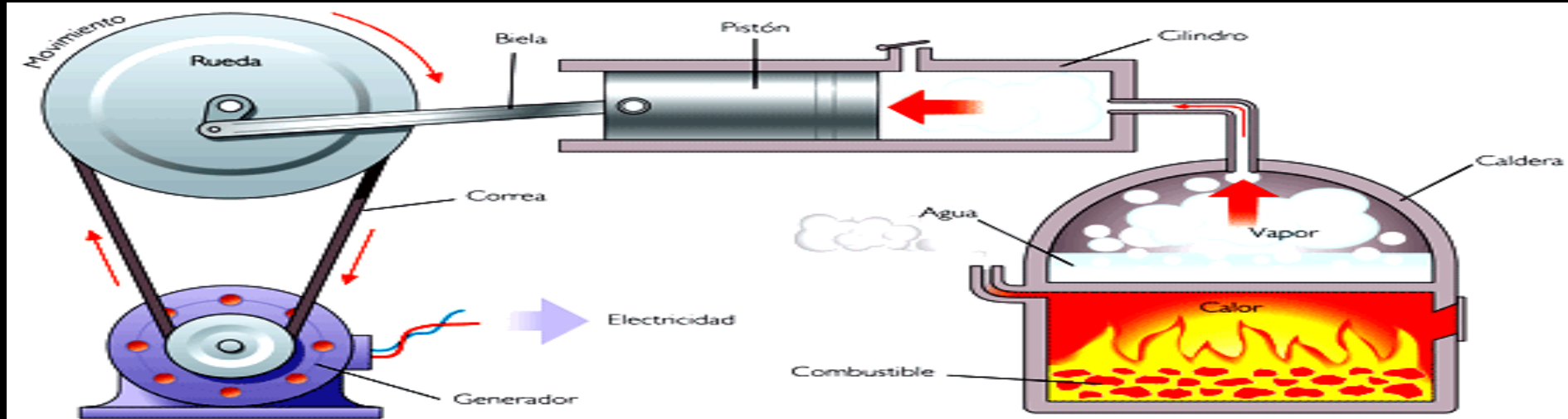
$$Q = \tau$$

Máquinas térmicas

Essencialmente, convertem calor em trabalho mecânico.

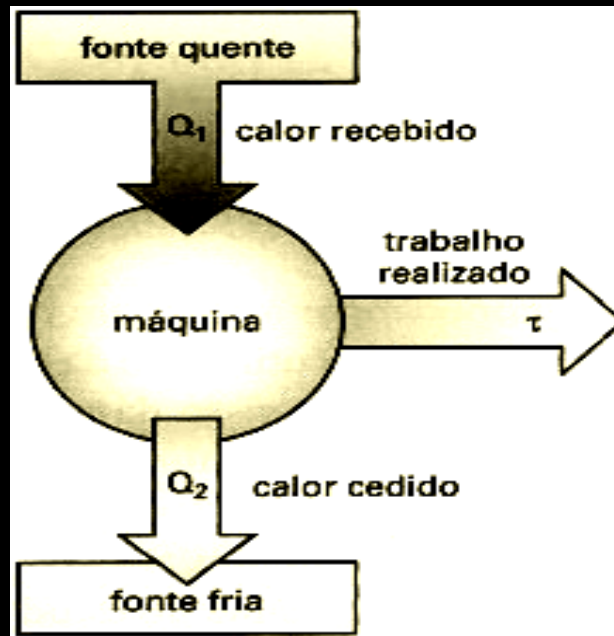


Máquinas térmicas

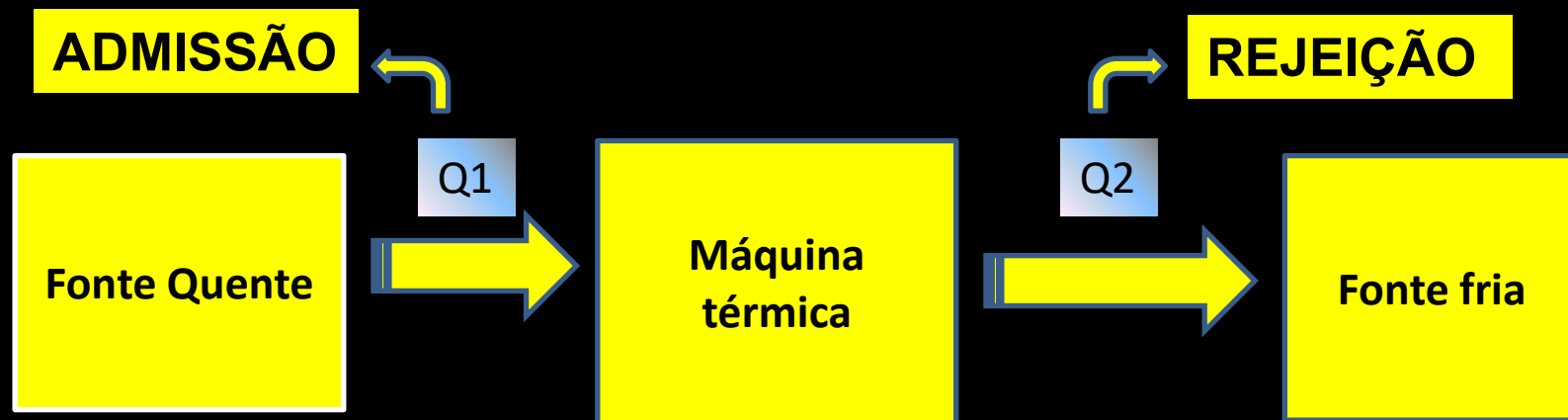


Segunda Lei da Termodinâmica

- Enunciados:
- Clausius : “O calor flui espontaneamente do ponto de maior temperatura para o ponto de menor temperatura”.
- Kelvin : “É impossível a uma máquina térmica converter calor integralmente em trabalho”.
- Carnot : “O funcionamento da máquina térmica se torna possível ao utilizarmos duas fontes térmicas de diferentes temperaturas”.



Sistema termodinâmico



Trabalho

$$\tau = Q1 - Q2$$

Diagram showing the equation $\tau = Q1 - Q2$ with three blue arrows pointing from the variables to the unit 'J' (Joules): one from τ , one from $Q1$, and one from $Q2$.

Rendimento

$$\eta = \frac{\tau}{Q1}$$

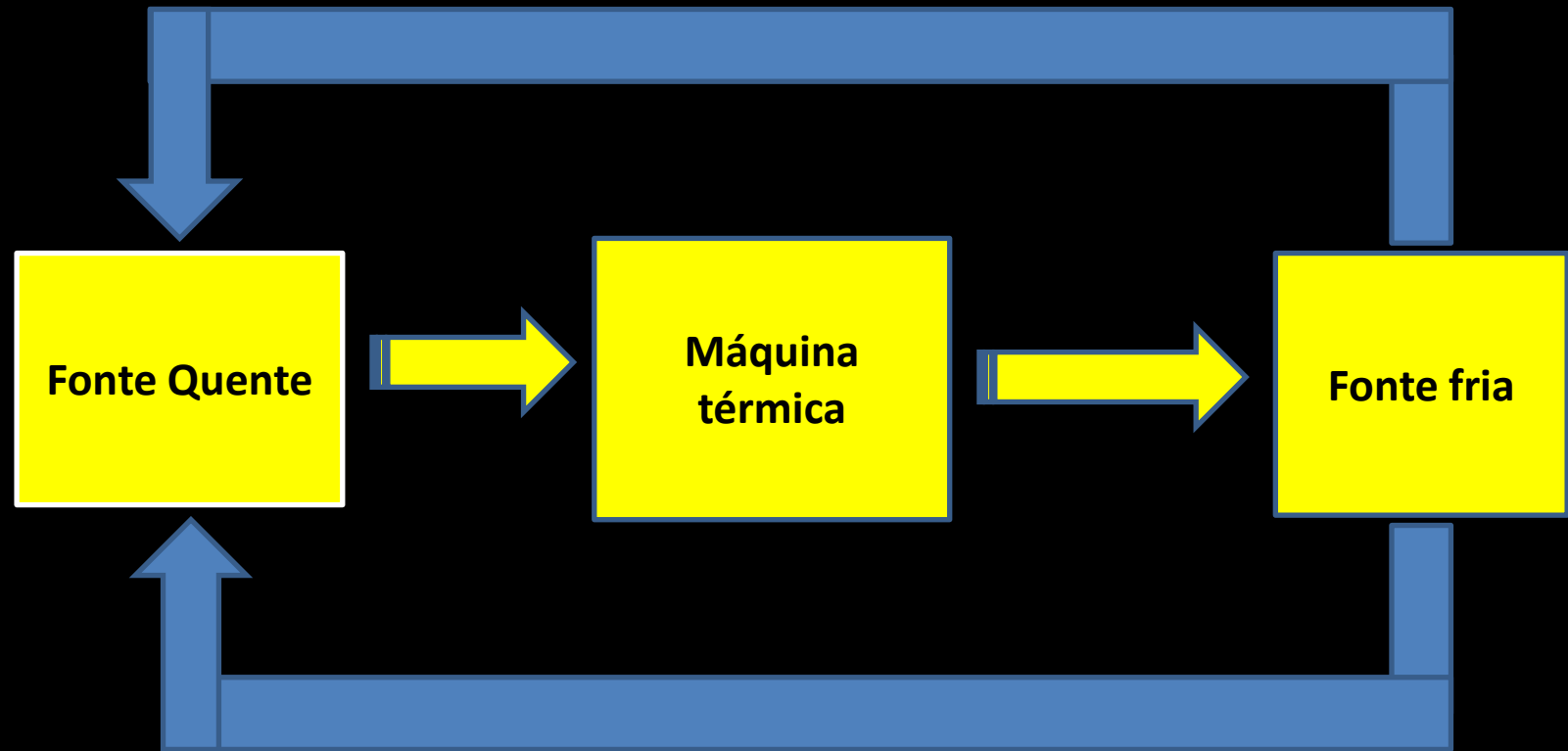
Diagram showing the equation $\eta = \frac{\tau}{Q1}$ with two blue arrows pointing from the variables to the unit '%': one from τ and one from $Q1$.

Potência

$$P = \frac{\tau}{\Delta t}$$

Diagram showing the equation $P = \frac{\tau}{\Delta t}$ with two blue arrows pointing from the variables to the unit 'W' (Watts): one from τ and one from Δt .

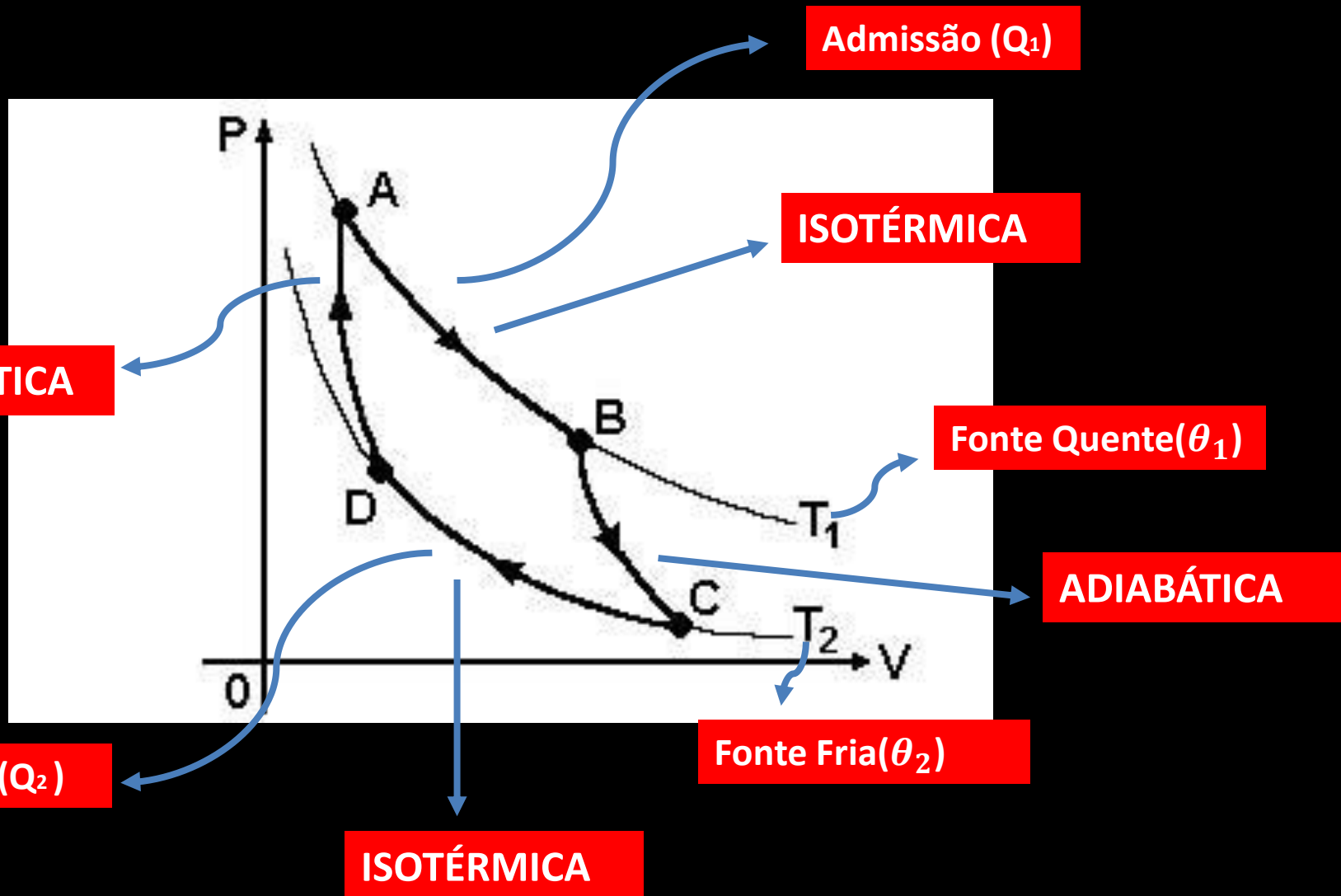
Ciclo de Carnot



A diferença estrutural entre o ciclo de Carnot e os ciclos de máquinas térmicas fundamentais é a sua **REVERSIBILIDADE**.

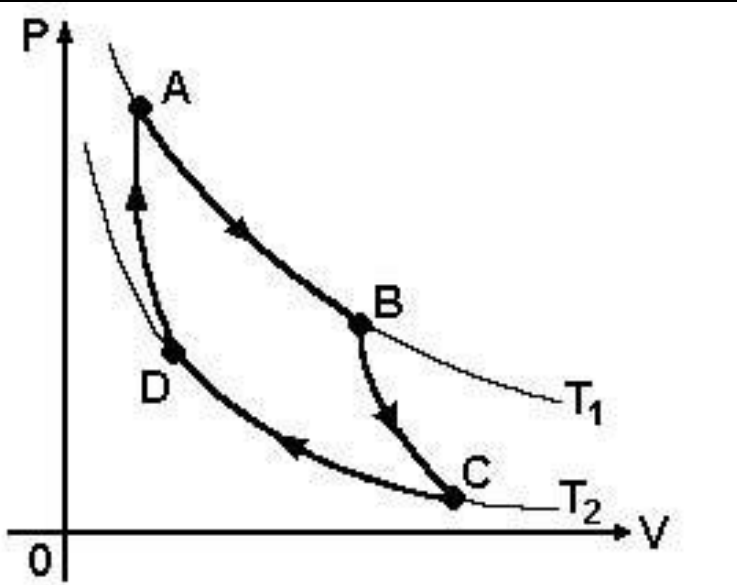
Ciclo de Carnot

É um ciclo termodinâmico, reversível, ideal para máquinas térmicas, que se constitui basicamente de duas transformações isotérmicas e duas adiabáticas.



Ciclo de Carnot

É um ciclo termodinâmico, reversível, ideal para máquinas térmicas, que se constitui basicamente de duas transformações isotérmicas e duas adiabáticas.



$$\eta = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1}$$

$\theta_1 \rightarrow$ Temperatura da fonte quente

$\theta_2 \rightarrow$ Temperatura da fonte fria

θ_1 e θ_2 são determinadas na escala KELVIN.

O rendimento do ciclo de Carnot depende exclusivamente das temperaturas de suas fontes.

EXERCÍCIOS

12. Uma máquina térmica ideal realiza um trabalho de 750 J por ciclo (de Carnot) quando as temperaturas das fontes são 400 K e 100 K.

Nesse sentido, para que uma máquina térmica real apresente a mesma eficiência e realize, por ciclo, o mesmo trabalho que a máquina ideal, o calor recebido e o calor rejeitado são, respectivamente:

- ☒ a) 1 000 J e 250 J. d) 850 J e 150 J.
- b) 750 J e 500 J. e) 950 J e 350 J.
- c) 1 250 J e 50 J.

ENTROPIA DO UNIVERSO

ENTROPIA



**DEGRADAÇÃO DE ENERGIA
(DE FORMA CONTÍNUA)**



IMPLICA

**AUMENTO DA DESORDEM
DO SISTEMA FÍSICO.**

